

# Flora y vegetación de suelos crioturbados y hábitats asociados en la Cordillera Blanca, Ancash, Perú

## Flora and vegetation of cryoturbated soils and associated habitats in the Cordillera Blanca, Ancash, Peru

Asunción Cano<sup>1,2</sup>, Wilfredo Mendoza<sup>1</sup>, Susy Castillo<sup>1</sup>, Marybel Morales<sup>1</sup>, María. I. La Torre<sup>1,3</sup>, Hector Aponte<sup>1</sup>, Amalia Delgado<sup>1</sup>, Niels Valencia<sup>1,2</sup> y Nanette Vega<sup>1</sup>

1 Museo de Historia Natural. Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM). Av. Arenales 1256, Jesús María.

2 Instituto de Investigación de Ciencias Biológicas Antonio Raimondi (ICBAR). UNMSM. Email Asunción Cano: [acano@unmsm.edu.pe](mailto:acano@unmsm.edu.pe), [ashuco@yahoo.com](mailto:ashuco@yahoo.com)

3 Facultad de Ciencias Naturales y Matemática. Universidad Nacional Federico Villarreal.

Trabajo presentado a la XVIII Reunión Científica del Instituto de Investigaciones en Ciencias Biológicas Antonio Raimondi, "200 años del nacimiento de Charles Darwin y el 150 aniversario de la publicación de On the Origin of Species by Means of Natural Selection". Del 19 al 21 de agosto de 2009.

Publicado impreso: 20/10/2010  
Publicado online: 29/09/2010

### Resumen

Entre los años 2006 y 2008, se llevaron a cabo estudios florístico y de vegetación de los suelos crioturbados y hábitats asociados en cuatro localidades de la Cordillera Blanca (Ancash, Perú) localizadas por encima de los 4500 m. Se realizaron recolectas botánicas además de transectos de intersección-línea, en los cuales se midió el espacio (en cm) ocupado por cada especie. Fueron determinadas 136 especies de plantas vasculares, agrupadas en 65 géneros y 26 familias. Las Magnoliopsida (dicotiledóneas) fueron las más diversas con 97 especies, seguidas de las Liliopsida (Monocotiledóneas) con 36. La mayor diversidad está concentrada en las familias Asteraceae y Poaceae (40,63%). Los géneros con mayor riqueza de especies fueron *Senecio* (18) y *Calamagrostis* (12). Se registraron 76 especies (54,82%) en suelos crioturbados y hábitats asociados; mientras que 60 especies (44,11%) fueron colectadas en la vegetación adyacente. El 95,56% de las especies reportadas fueron hierbas perennes. Se caracterizaron cuatro tipos de comunidades vegetales: a) comunidad de suelos crioturbados propiamente dicha, b) comunidad de suelos crioturbados asociada a pajonal, c) comunidad de suelos crioturbados asociada a roquedal seco y d) comunidad de suelos crioturbados asociadas a roquedal húmedo. Se indican las especies características de cada comunidad.

**Palabras claves:** flora, suelos crioturbados, Cordillera Blanca, Ancash, Perú.

### Abstract

Since 2006 to 2008, floristic and vegetational studies on cryoturbated soils and its associated habitats were carried out in four sites above 4500 m, at Cordillera Blanca (Ancash, Peru). Botanical collections and intersection-line transects were made. The space (in cm) occupied by each species were measurement. A total of 136 species, in 65 genera and 26 families, were recorded. Magnoliopsida (Dicots) were the most diverse (97 spp.), followed by the Liliopsida (Monocots) (36 spp.). The highest species richness was found in the Asteraceae and Poaceae families (40,63%). The most diverse genera was *Senecio* (18) and *Calamagrostis* (12). We registered 76 species (54,82%) in cryoturbated soils and associates habitats, while 60 species (44,11%) were recorded for the adjacent vegetation. From the total, 95,56% of the species were perennials herbs. Four types of plants communities were characterized: a) community of cryoturbated soil proper, b) community of cryoturbated soil associated with grassland, c) community of cryoturbated soil associated with dry rocky areas, and d) community of cryoturbated soil associated with humid rocky areas. Species associated to each community are given.

**Keywords:** Flora, Cryoturbated soil, Cordillera Blanca, Ancash, Peru.

### Introducción

La cordillera de los Andes proporciona una gran variedad de hábitats y diversidad biológica al Perú. Entre los ecosistemas andinos de gran interés están la puna y la jalca situados por encima de los 3300 m de altitud (Young et al. 1997) y el páramo, entre los 3800 y los 4000 m (Cabrera 1968, Weberbauer 1945).

Suelos crioturbados son aquellos sometidos a una secuencia de hielo y deshielo; fenómeno que ocurre diariamente en la parte alta de los Andes tropicales y que provoca el desplazamiento de partículas, modificando su distribución en las capas del suelo. Esta condición, sumada a las bajas temperaturas, la intensa radiación solar, y otros factores edáficos y climáticos, hacen que la vegetación que colonizan estos suelos sea diferente a la encontrada en hábitats circundantes, principalmente respecto a su diversidad, estructura, fisiología y ecología.

El calentamiento global está afectando actualmente la capa congelada del suelo (permafrost), lo que repercute en la distribución del carbono en el suelo y sus propiedades físicas y químicas (Tarnocai 2002). Estos procesos están muy relacionados a las poblaciones vegetales que habitan estos ambientes, esperando cambios en su composición, adaptaciones y estrategias biogeográficas.

Diversos estudios acerca de estos ambientes han sido realizados en la región Ártica (Gough et al. 2000, Cannone & Gerdol

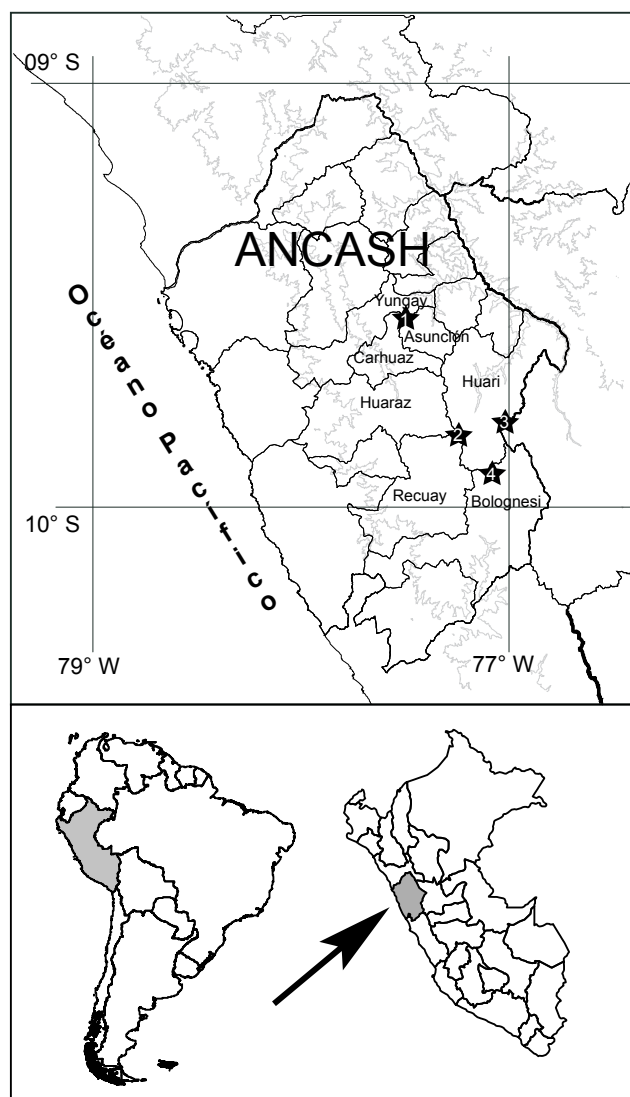
2003, Hodkinson et al. 2003, Epstein et al. 2004). En Sudamérica la información disponible se encuentra principalmente referida a las regiones Antártica y Subantártica (Brancaleoni et al. 2003, Gidekel et al. 2003, Bockheim & Hall 2002). Los Andes son considerados uno de los centros criogénicos más importantes de Sudamérica (Bockheim 2005); a pesar de ello, son escasos los estudios de las comunidades vegetales de estos hábitats. Podemos mencionar los de Pavlich y Tovar (1977), que estudiaron la ecomorfología de algunas plantas de la puna, sin hacer énfasis en el tipo de suelos en los que crecían; y recientemente, Tupayachi (2008) que presentó una breve lista de plantas sobre suelos crioturbados, en un estudio sobre la flora de la Cordillera de Vilcanota.

El presente trabajo tuvo como objetivo estudiar la flora y vegetación que se desarrolla en los suelos crioturbados de los Andes centrales del Perú, específicamente en el departamento de Ancash.

### Area de estudio

Durante los años 2006 y 2008 se realizaron recolectas y toma de datos en las siguientes localidades: Punta Olímpica (Asunción), Abra de Cahuish (Recuay), Antamina (Huari) y Abra de Yanashallash (Bolognesi) (Fig. 1, Tabla 1).

**1. La Punta Olímpica**, a 4900 m, es el abra situada a mayor altitud en la Cordillera Blanca, por donde atraviesa la carretera



**Figura 1.** Mapa de ubicación de las localidades de estudio. 1. La Punta Olímpica, 2. El Abra de Cahuish, 3. Antamina y 4. El Abra Yanashallash

que une a la provincia de Carhuaz (Callejón de Huaylas) y Asunción (Callejón de Conchucos). El estudio se realizó en la ladera que pertenece al distrito de Chacas (provincia de Asunción). La zona estudiada se encuentra entre los 4800 y 4940 m, caracterizada por un gran macizo rocoso, con grandes rocas sueltas, piedras y pequeñas áreas de suelo crioturbado. La vegetación es muy rala y frecuentemente asociada a vegetación de roquedales, la que asciende hasta los 5000 m. También hay partes muy húmedas, debido al deshielo, con vegetación semejante a la de oconales (Fig. 2a).

**2. El Abra de Cahuish,** situado en la provincia de Recuay. Se encuentra atravesado por un túnel que comunica el Callejón de

Huaylas con el de Conchucos (con la provincia de Huari en el extremo sur). La zona de estudio se situó entre los 4500 y 4700 m. En esta localidad se pudo encontrar pequeñas extensiones de suelos crioturbados, intercalados con pajonal ralo y algunos arbustos de *Loricaria*, oconales y vegetación de roquedal, la que asciende por lo menos hasta los 4800 m (Fig. 2b).

**3. Antamina.** Esta localidad de muestreo se encuentra en la provincia de Huari (distrito de San Marcos), sobre las cumbres cercanas al campamento de la Compañía Minera Antamina S. A. Las recolectas botánicas y los transectos de evaluación se ubicaron por encima de los 4500 m en laderas rocoso-pedregosas; intercalados con suelos crioturbados de regular extensión. Estos suelos están rodeados por un pajonal ralo (Fig. 2c). También hay grandes afloramientos rocosos en la cumbre, donde destaca la presencia de *Ranunculus macropetalus* DC.

**4. El Abra Yanashallash,** situados entre los distritos de Chiquian y Huallanca, en la provincia de Bolognesi. Los muestreos fueron realizados entre los 4600 y los 4900 m, sobre cumbres, de pendientes moderadas, que presentan las mayores extensiones de suelos crioturbados, intercalados con afloramientos rocosos. Se encuentra un pajonal en la parte inferior y se puede observar plantas aisladas hasta los 4950 m en los intersticios de las rocas (Fig. 2d).

## Metodos

### Estudio de la composición florística

Para la colecta, herborización y manejo posterior de especímenes de plantas vasculares se emplearon técnicas estándares (Bridson & Forman 1992). Para determinar la diversidad total se realizó una búsqueda completa en el área de muestreo. La determinación taxonómica de los taxa (familias, géneros y especies) se realizó mediante claves y descripciones disponibles en la literatura botánica, teniendo como base el trabajo de Macbride et al. (1936 y siguientes). También se realizaron consultas en las colecciones del Herbario San Marcos (USM) del Museo de Historia Natural y de otros herbarios nacionales, así como se recurrió a diversos especialistas en los diferentes taxa.

### Estudio de Comunidades Vegetales

Se realizaron un total de 15 transectos lineales de 50 metros, los cuales fueron ubicados de forma sistemática en las diferentes comunidades de plantas sobre suelos crioturbados. En cada transecto se utilizó el método de intersección - línea, en el cual se registró el espacio (en centímetros) que ocupa una especie determinada en el transecto (Matteucci & Colma 1982). En los casos en que fue imposible determinar las especies de pastos por la ausencia de floración o por que se encontraban muy mezclados, este conjunto fue registrado como "gramíneas". Los musgos no fueron determinados, sin embargo, fueron registrados en los transectos como "musgos".

**Tabla 1.** Localidades de estudio, indicando fecha, transectos, rango altitudinal y coordenadas (UTM).

Fechas	Provincia	Localidad	Transectos	Altitud (m)	Coordenadas UTM
Mayo 2006	Huari	Antamina,	1, 2, 3	4699 - 4761	277520, 8940386, 277317, 8936530
Noviembre 2006	Recuay	Abra de Cahuish	4, 5, 6	4524 - 4712	252817, 8928544, 252919, 8928758
Noviembre 2006	Asunción	Punta Olímpica	7	4800 - 4940	223917, 8989254
Mayo 2008	Recuay	Abra de Cahuish	8, 9, 10	4585 - 4658	252439, 8929656, 252632, 8928960
Mayo 2008	Bolognesi	Abra Yanashallash	11, 12, 13, 14	4694 - 4867	272175, 8909398, 269330, 8911400
Mayo 2008	Asunción	Punta Olímpica	15	4800 - 4899	224033, 8989170

## Análisis de datos

Los datos fueron colocados en una matriz transecto/especie y analizados mediante un Análisis de Correspondencia (CA). Asimismo se determinó el valor de dominancia y cobertura en cada transecto. Para ello se utilizó el software PAST 1.89 (Hammer et al. 2001).

## Resultados

### Diversidad florística

Se registraron un total de 136 especies de plantas vasculares que crecen en zonas de alta montaña, sobre suelos crioturbados y vegetación asociada (circundante); agrupadas en 65 géneros y 26 familias. Tabla 2 y 3. Los pteridófitos están representados solamente por dos especies en igual número de géneros y familias. Para las gimnospermas, únicamente registramos a *Ephedra rupestris* Benth. Las magnoliopsidas (dicotiledóneas) fueron el

**Tabla 2.** Resumen de la diversidad de familias, géneros y especies registradas para los diferentes grupos de plantas vasculares en suelos crioturbados y hábitats asociados en la Cordillera Blanca, Ancash, Perú.

	Familias	Géneros	Especies
<b>Pteridófitos</b>	2	2	2
<b>Gimnospermas</b>	1	1	1
<b>Magnoliopsidas (dicotiledóneas)</b>	19	47	97
<b>Liliopsidas (monocotiledóneas)</b>	4	15	36
Total	26	65	136

**Tabla 3.** Familias y especies registradas (en orden alfabético) en el estudio, indicando además la forma de crecimiento, presencia en suelos crioturbados (C) y las registradas en la vegetación asociada, Pa: páramo, Ro: roquedal, RoHu: Roquedal húmedo

Familia	Especie	Forma de crecimiento	Especies en suelos crioturbados	Especies en vegetación asociada
Alstroemeriaceae	<i>Bomarea dulcis</i> (Hook.) Beauverd	Hierba		Pa, Ro
Apiaceae	<i>Azorella multifida</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	Hierba	C	Pa, RoHu
Apiaceae	<i>Niphogeton scabra</i> (H. Wolff) J.F. Macbr.	Hierba	C	Pa
Apiaceae	<i>Oreomyrrhis andicola</i> (Kunth) Endl. ex Hook. f.	Hierba	C	Ro
Asteraceae	<i>Baccharis caespitosa</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	Subarbusto	C	Pa
Asteraceae	<i>Belloa longifolia</i> (Cuatrec. & Aristeg.) Sagást. & M.O. Dillon	Hierba	C	Pa
Asteraceae	<i>Chaetanthera cochlearifolia</i> (A. Gray) B.L. Rob.	Hierba		Ro
Asteraceae	<i>Chaetanthera stuebelii</i> Hieron.	Hierba		Ro
Asteraceae	<i>Chersodoma antennaria</i> (Wedd.) Cabrera	Hierba	C	Pa, Ro
Asteraceae	<i>Chersodoma deltoidea</i> M.O. Dillon & Sagást.	Hierba	C	Pa, RoHu
Asteraceae	<i>Chersodoma ovopedata</i> (Cuatrec.) Cuatrec.	Hierba	C	RoHu
Asteraceae	<i>Erigeron</i> sp.1	Hierba	C	Ro
Asteraceae	<i>Loricaria ferruginea</i> (Ruiz & Pav.) Wedd.	Arbusto	C	Pa, RoHu
Asteraceae	<i>Lucilia kunthiana</i> (DC.) Zardini	Hierba	C	Pa, RoHu
Asteraceae	<i>Misbrookea strigosissima</i> (A. Gray) V.A. Funk	Hierba		RoHu
Asteraceae	<i>Mniodes pulvinata</i> Cuatrec.	Hierba	C	Ro
Asteraceae	<i>Novenia acaulis</i> (Benth. & Hook. f. ex B.D. Jacks.) S.E. Freire & F.H. Hellw.	Hierba		Pa
Asteraceae	<i>Oritrophium hieracioides</i> (Wedd.) Cuatrec.	Hierba		Ro
Asteraceae	<i>Oritrophium</i> sp.1	Hierba	C	RoHu
Asteraceae	<i>Perezia coerulescens</i> Wedd.	Hierba	C	Pa
Asteraceae	<i>Senecio adenophyllus</i> Meyen & Walp.	Subarbusto	C	Ro
Asteraceae	<i>Senecio bolivarianus</i> Cuatrec.	Hierba	C	Ro
Asteraceae	<i>Senecio calvus</i> Cuatrec.	Hierba		Ro
Asteraceae	<i>Senecio campanellifer</i> Cuatrec.	Hierba		Ro
Asteraceae	<i>Senecio canescens</i> (Bonpl.) Cuatrec.	Hierba		Pa, Ro
Asteraceae	<i>Senecio comosus</i> Sch. Bip.	Hierba		Ro
Asteraceae	<i>Senecio danai</i> A. Gray	Hierba	C	Ro
Asteraceae	<i>Senecio evacoides</i> Sch. Bip.	Hierba	C	Pa
Asteraceae	<i>Senecio expansus</i> Wedd.	Hierba		Ro
Asteraceae	<i>Senecio hypsiandinus</i> Cuatrec.	Hierba	C	Ro
Asteraceae	<i>Senecio nivalis</i> (Kunth) Cuatrec.	Hierba	C	Ro
Asteraceae	<i>Senecio nutans</i> Sch. Bip.	Hierba	C	Ro
Asteraceae	<i>Senecio rufescens</i> DC.	Subarbusto	C	Ro
Asteraceae	<i>Senecio sanmarcosensis</i> H. Beltrán	Hierba		Pa
Asteraceae	<i>Senecio scrobicarioides</i> DC.	Hierba	C	RoHu
Asteraceae	<i>Senecio serratifolius</i> (Meyen & Walp.) Cuatrec.	Hierba	C	RoHu
Asteraceae	<i>Senecio</i> sp.1	Hierba	C	RoHu
Asteraceae	<i>Senecio sublutescens</i> Cuatrec.	Hierba	C	Ro, RoHu
Asteraceae	<i>Werneria aretioides</i> Wedd.	Hierba		Ro
Asteraceae	<i>Werneria nubigena</i> Kunth	Hierba	C	Pa, RoHu
Asteraceae	<i>Werneria pumila</i> Kunth	Hierba	C	Pa
Asteraceae	<i>Werneria pygmaea</i> Gillies ex Hook. & Arn.	Hierba		RoHu
Asteraceae	<i>Xenophyllum dactylophyllum</i> (Sch. Bip.) V.A. Funk	Hierba	C	RoHu
Asteraceae	<i>Xenophyllum decorum</i> (S.F. Blake) V.A. Funk	Hierba	C	
Boraginaceae	<i>Hackelia</i> sp.1	Hierba	C	Ro
Brassicaceae	<i>Brayopsis alpaminae</i> Gilg & Muschl.	Hierba		Pa
Brassicaceae	<i>Brayopsis calycina</i> (Desv.) Gilg & Muschl.	Hierba		Pa
Brassicaceae	<i>Brayopsis</i> sp.1	Hierba	C	
Brassicaceae	<i>Catadysia rosulans</i> O.E. Schulz	Hierba		Ro
Brassicaceae	<i>Descurainia athrocarpa</i> (A. Gray) O. E. Schulz	Hierba	C	Ro
Brassicaceae	<i>Draba argentea</i> O.E. Schulz	Hierba	C	Ro
Brassicaceae	<i>Draba brackenridgei</i> A. Gray	Hierba		Ro
Brassicaceae	<i>Draba cryptantha</i> Hook. f.	Hierba	C	Ro

Continúa...

Tabla 3.

Brassicaceae	<i>Draba ochropetala</i> O.E. Schulz	Hierba	C	Pa
Brassicaceae	<i>Draba</i> sp. 1	Hierba	C	Ro
Brassicaceae	<i>Draba</i> sp. 2	Hierba		Ro
Brassicaceae	<i>Draba</i> sp. 3	Hierba		Ro
Brassicaceae	<i>Englerocharis peruviana</i> Muschl.	Hierba		Ro
Brassicaceae	<i>Weberbaueria</i> sp.	Hierba		Ro
Brassicaceae	<i>Weberbaueria spathulifolia</i> (A. Gray) O.E. Schulz	Hierba		Pa, Ro
Bromeliaceae	<i>Puya</i> sp.	Subarbusto		Ro
Campanulaceae	<i>Lysipomia sphagnophila</i> Griseb. ex Wedd.	Hierba		RoHu
Caryophyllaceae	<i>Arenaria boliviana</i> R.O. Williams	Hierba	C	RoHu
Caryophyllaceae	<i>Paronychia weberbaueri</i> Chaudhri	Hierba	C	Ro
Caryophyllaceae	<i>Plettkea cryptantha</i> Mattf.	Hierba	C	Ro
Caryophyllaceae	<i>Pycnophyllum aschersonianum</i> Muschl.	Hierba	C	Ro
Caryophyllaceae	<i>Pycnophyllum glomeratum</i> Mattf.	Hierba	C	Ro
Caryophyllaceae	<i>Pycnophyllum molle</i> Remy	Hierba	C	Pa, Ro
Caryophyllaceae	<i>Silene thysanodes</i> Fenzl	Hierba	C	Ro
Ephedraceae	<i>Ephedra rupestris</i> Benth.	Subarbusto	C	Ro
Ericaceae	<i>Vaccinium floribundum</i> Kunth	Arbusto		Ro
Fabaceae	<i>Astragalus micranthellus</i> Wedd.	Hierba	C	Pa
Fabaceae	<i>Astragalus uniflorus</i> DC.	Hierba	C	Pa
Gentianaceae	<i>Gentianella dombeyana</i> (Wedd.) Zaruchhi	Hierba	C	Pa
Gentianaceae	<i>Gentianella thyrsoides</i> (Hook.) Fabris	Hierba		Pa
Gentianaceae	<i>Gentianella weberbaueri</i> (Gill) Fabris	Hierba	C	RoHu
Geraniaceae	<i>Geranium jakelae</i> J.F. Macbr.	Hierba		Pa
Grammitidaceae	<i>Melpomene flabelliformis</i> (Poir.) A.R. Sm. & R.C. Moran	Hierba		Ro
Juncaceae	<i>Distichia muscoides</i> Nees & Meyen	Hierba		RoHu
Juncaceae	<i>Luzula chilensis</i> Nees & Meyen ex Kunth	Hierba		Ro
Juncaceae	<i>Luzula racemosa</i> Desv.	Hierba	C	Pa, RoHu
Malvaceae	<i>Nototriche antoniana</i> M. Chanco	Hierba	C	
Malvaceae	<i>Nototriche artemisioides</i> Hill	Hierba	C	Ro
Malvaceae	<i>Nototriche coccinea</i> Hill.	Hierba		Ro
Malvaceae	<i>Nototriche pinnata</i> (Cav.) Hill	Hierba	C	Pa, Ro
Orobanchaceae	<i>Bartsia adenophylla</i> Molau	Hierba		Ro
Orobanchaceae	<i>Bartsia diffusa</i> Benth.	Hierba	C	Ro
Orobanchaceae	<i>Bartsia elachophylla</i> Diels	Hierba		Ro
Orobanchaceae	<i>Bartsia patens</i> Benth.	Hierba		Ro
Poaceae	<i>Agrostis breviculmis</i> Hitchc.	Hierba		Pa
Poaceae	<i>Agrostis tolucensis</i> Kunth	Hierba	C	Pa, RoHu
Poaceae	<i>Anatherostipa hans-meyeri</i> (Pilg.) Peñailillo	Hierba		Pa
Poaceae	<i>Bromus lanatus</i> Kunth	Hierba	C	Pa
Poaceae	<i>Calamagrostis chrysantha</i> (J. Presl) Steud	Hierba	C	Pa, RoHu
Poaceae	<i>Calamagrostis eminens</i> (J. Presl) Steud.	Hierba		Pa
Poaceae	<i>Calamagrostis fuscata</i> (J. Presl) Steud.	Hierba		Pa
Poaceae	<i>Calamagrostis macrophylla</i> (Pilg.) Pilg.	Hierba	C	Pa
Poaceae	<i>Calamagrostis minima</i> (Pilg.) Tovar	Hierba	C	Pa
Poaceae	<i>Calamagrostis nitidula</i> Pilg.	Hierba	C	Pa
Poaceae	<i>Calamagrostis ovata</i> (J. Presl) Steud.	Hierba		Pa
Poaceae	<i>Calamagrostis pungens</i> Tovar	Hierba	C	Pa
Poaceae	<i>Calamagrostis rauhii</i> Tovar	Hierba	C	Pa, RoHu
Poaceae	<i>Calamagrostis recta</i> (Kunth) Trin. ex Steud.	Hierba		Pa
Poaceae	<i>Calamagrostis rigida</i> (Kunth) Trin. ex Steud.	Hierba	C	Pa, RoHu
Poaceae	<i>Calamagrostis tarmensis</i> Pilg.	Hierba	C	Pa
Poaceae	<i>Dielsiochloa floribunda</i> (Pilg.) Pilg.	Hierba	C	Ro
Poaceae	<i>Dissanthelium macusaniense</i> (E.H.L. Krause) R.C. Foster & L.B. Sm.	Hierba	C	Pa
Poaceae	<i>Dissanthelium peruvianum</i> (Nees & Meyen) Pilg.	Hierba		Pa
Poaceae	<i>Festuca dolichophylla</i> J. L. Presl.	Hierba	C	Pa
Poaceae	<i>Festuca rigidifolia</i> Tovar	Hierba		Pa
Poaceae	<i>Festuca subulifolia</i> Benth.	Hierba		Pa
Poaceae	<i>Festuca weberbaueri</i> Pilg.	Hierba		Pa
Poaceae	<i>Muhlenbergia peruviana</i> (P. Beauv.) Steud.	Hierba		Pa
Poaceae	<i>Nassella brachyphylla</i> (Hitchc.) Barkworth	Hierba		Pa
Poaceae	<i>Poa brevis</i> Hitchc.	Hierba	C	Pa
Poaceae	<i>Poa gilgiana</i> Pilg.	Hierba	C	Pa
Poaceae	<i>Poa humillima</i> Pilg.	Hierba		Pa
Poaceae	<i>Poa pratensis</i> L.	Hierba	C	Pa
Poaceae	<i>Poa spicigera</i> Tovar	Hierba		Pa
Poaceae	<i>Trisetum spicatum</i> K. Richt.	Hierba	C	Pa
Portulacaceae	<i>Calandrinia acaulis</i> Kunth	Hierba		Pa
Pteridaceae	<i>Eriosorus</i> sp.	Hierba		Ro
Ranunculaceae	<i>Krapfia</i> sp.1	Hierba		Ro
Ranunculaceae	<i>Ranunculus macropetalus</i> DC.	Hierba		Ro
Rosaceae	<i>Lachemilla frigida</i> (Wedd.) Rothm.	Hierba		Pa
Rosaceae	<i>Lachemilla pinnata</i> (Ruiz & Pav.) Rothm.	Hierba		Pa
Rubiaceae	<i>Galium corymbosum</i> Ruiz & Pav.	Hierba		Pa
Saxifragaceae	<i>Saxifraga magellanica</i> Poir.	Hierba	C	RoHu
Scrophulariaceae	<i>Ourisia muscosa</i> Benth.	Hierba		RoHu
Valerianaceae	<i>Phyllactis rigida</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	Hierba		Pa
Valerianaceae	<i>Stangea henrici</i> Graebn.	Hierba	C	
Valerianaceae	<i>Valeriana globularis</i> A. Gray	Hierba		Ro
Valerianaceae	<i>Valeriana nivalis</i> Wedd.	Hierba	C	Ro
Valerianaceae	<i>Valeriana</i> sp. 1	Hierba	C	Ro
Valerianaceae	<i>Valeriana</i> sp. 2	Hierba		Ro
Valerianaceae	<i>Valeriana weberbaueri</i> Graebn.	Hierba	C	Ro



**Tabla 4.** Familias con mayor número de géneros y especies en suelos crioturbados y hábitats asociados en la Cordillera Blanca, Ancash, Perú.

Familia	Géneros	Especies
Asteraceae	15	40
Poaceae	11	31
Brassicaceae	6	15
Caryophyllaceae	5	7
Valerianaceae	3	7
Malvaceae	1	4
Orobanchaceae	1	4
Apiaceae	3	3
Juncaceae	2	3
Gentianaceae	1	3
Total	48	117

grupo con mayor riqueza, con 97 especies, distribuidas en 47 géneros y 19 familias. Las familias más diversas son Asteraceae (15 géneros/ 40 especies), Brassicaceae (6/15) y Caryophyllaceae (5/7). Tabla 4. El género que tiene un mayor número de especies fue *Senecio* (Asteraceae) con 18 especies. Tabla 5. Para las liliopsidas (monocotiledóneas) registramos 36 especies, en 15 géneros y 4 familias, correspondiendo la mayoría de ellas a las Poaceae (11/31). Los géneros más diversos en esta familia fueron *Calamagrostis* (12), *Poa* (5) y *Festuca* (4) (Tabla 5). Las diez familias con tres o más especies albergaron el 73,84% al

**Tabla 5.** Géneros con mayor número de especies en la Cordillera Blanca, Ancash, Perú.

Géneros	Especies
<i>Senecio</i>	18
<i>Calamagrostis</i>	12
<i>Draba</i>	7
<i>Poa</i>	5
<i>Valeriana</i>	5
<i>Bartsia</i>	4
<i>Festuca</i>	4
<i>Werneria</i>	4
<i>Brayopsis</i>	3
<i>Chersodoma</i>	3
<i>Gentianella</i>	3
<i>Pycnophyllum</i>	3
Total	71

nivel de géneros y el 86,03% en especies. Las familias Asteraceae y Poaceae, en conjunto, representaron el 40,63% (26) del total de géneros reportados y el 52,59% (71) de las especies (Tabla 3). Los 12 géneros con tres o más especies representan en 52,59% del total reportado en este estudio (Tabla 5).

De las 136 especie registradas, 76 (56,29%) están presentes en los suelos crioturbados y muchos de ellos también en la vegetación asociada. Pero solamente cuatro especies (5,26%) han sido registradas solamente sobre suelos crioturbados. Estas especies son: *Stangea henrici* Graebn., *Xenophyllum decorum* (S.F.

**Figura 2.** Localidades de estudio: **a)** Punta Olímpica (Chacas - Asunción), **b)** Abra de Cahuish (Recuay), **c)** Antamina (San Marcos – Huari) y **d)** Abra de Yanashallash (Bolognesi).





**Figura 3.** Especies propias de suelos crioturbados: **a)** *Stangea henrici* (Valerianaceae), **b)** *Xenophyllum decorum* (Asteraceae), **c)** *X. dactylophyllum* y **d)** *Nototriche antonina* (Malvaceae).

Blake) V.A. Funk, *Nototriche antoniana* M. Chanco, y *Brayopsis* sp. (Figs. 3a, 3b y 3d). Una especie que estuvo muy bien representada en este tipo de suelos fue *Xenophyllum dactylophyllum* (Sch. Bip.) V.A. Funk (Fig. 3c), aunque también fue observada en roquedales. Las restantes 60 (44,11%) especies fueron registradas en la vegetación asociada. La vegetación de los roquedales tuvo la mayor diversidad con 55 especies, seguidas por el pajonal con 47 (Tabla 3).

En lo que se refiere a las formas de crecimiento, el 95,56% de las especies registradas fueron hierbas perennes, el 3,70% fueron subarborescentes y 1,48% arbustos (S) (Tabla 3).

**Comunidades Vegetales**

El análisis de comunidades (Tabla 6) muestra que la cantidad de taxones, la dominancia y la cobertura en cada transecto fueron variables; registrándose hasta 16 taxones por transecto, siendo el transecto 3 (Antamina) el que presentó mayor diversidad. Un

**Tabla 6.** Número de taxones, cobertura y dominancia en los 15 transectos analizados sobre comunidades vegetales de suelos crioturbados.

Transecto	Taxones	%Cobertura	Dominancia
1	14	61,26	0,66
2	12	62,42	0,57
3	16	18,74	0,22
4	5	6,44	0,38
5	3	5,82	0,60
6	4	4,04	0,42
7	1	8,8	1,00
8	11	24,62	0,21
9	6	7,98	0,45
10	5	4,34	0,34
11	6	4,94	0,24
12	6	5,88	0,39
13	3	4,68	0,82
14	5	4,84	0,73
15	12	10,26	0,21
Promedio	7,27	15,67	0,48

transecto registró 60 especies lo que representa el 44,12% del total de especies. En su mayoría los transectos muestran baja dominancia (promedio de dominancia 0,48), siendo pocos los transectos de alta dominancia (transectos 7, 13 y 14). La cobertura fue igualmente un parámetro variable, en cada transecto siendo en promedio 15,67% de cobertura para los transectos analizados y llegando a un máximo de 62,42% de cobertura para el transecto 2 (Antamina).

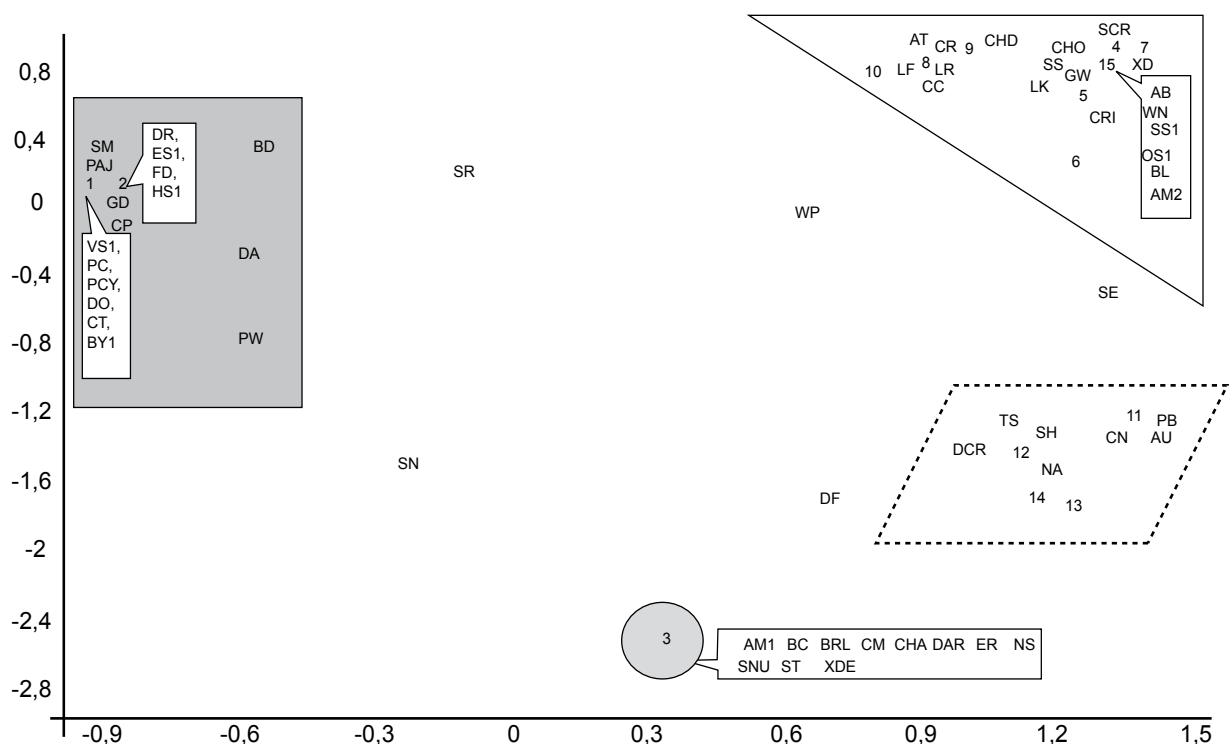
El resultado obtenido a partir del análisis de correspondencia y las observaciones de campo podemos diferenciar cuatro tipos de comunidades (Fig. 2):

**a. Comunidad de crioturbados propiamente dicha:** Esta comunidad se caracteriza por encontrarse en suelos crioturbados con escasa cobertura vegetal y presentar especies de porte bajo (postradas). Esta compuesta principalmente por especies como *Calamagrostis nitidula* Pilg., *Nototriche antoniana* M. Chanco, *Poa brevis* Hitchc. y *Stangea henrici* Graebn. Entre las principales especies acompañantes se tiene a *Calamagrostis chrysantha* (J. Presl) Steud., *Descurainia athrocarpa* (A. Gray) O. E. Schulz, *Dielsiochloa floribunda* (Pilg.) Pilg., *Senecio evacoides* Sch. Bip., y *Senecio rufescens* DC. Esta comunidad es la más común y

ocupa las mayores extensiones en el Abra de Yanashallash. (Fig. 2d y Fig. 4).

**b. Comunidad de crioturbados asociada al pajonal:** Esta comunidad se caracteriza por presentar áreas de pajonal de puna y zonas descubiertas (suelos crioturbados), donde la crioturba- ción se hace más evidente. Las especies más frecuente de esta comunidad son: *Calamagrostis pungens* Tovar, *C. tarmensis* Pilger, *Festuca dolichophylla* J. L. Presl, *Gentianella dombeyana* (Wedd.) Zaruchhi, *Perezia coerulescens* Wedd., *Pletckea cryptantha* Mattf. y *Senecio rufescens* DC. Esta comunidad está presente en la local- idad de Antamina (transectos 1 y 2). (Fig. 2c y Fig. 4).

**c. Comunidad de crioturbados asociada a roquedal:** Esta es una comunidad que se caracteriza por presentar áreas de suelos crioturbados asociados a suelos rocosos. Las principales especies registradas en esta comunidad son: *Baccharis caespitosa* (Ruiz & Pav.) Pers., *Dielsiochloa floribunda* (Pilg.) Pilg., *Draba argentea* O.E. Schulz, *Ephedra rupestris* Benth., *Niphogeton scabra* (H. Wolff) J.F. Macbr., *Paronychia Weberbaueri* Chaudhri, *Senecio nivalis* (Kunth) Cuatrec., *S. nutans* Sch. Bip. y *Xenophyllum de- corum* (S.F. Blake) V.A. Funk. Esta comunidad ha sido registrada en la localidad de Antamina (transecto 3). (Fig. 2c y Fig. 4).



**Figura 4.** Resultados del análisis de correspondencia utilizando los transectos realizados en las diferentes localidades de estudio. Se aprecian los ejes 1 y 2 por contener la mayor variabilidad. Los números de 1 al 14 corresponden a los transectos realizados en las diferentes localidades. Se aprecian la comunidad de crioturbados asociada al pajonal (rectángulo), comunidad de crioturbados asociado a roquedal (círculo), comunidad de crioturbados propiamente dicha (paralelogramo) y la comunidad de crioturbados asociado a roquedal húmedo (triángulo). Las especies relacionadas a cada transecto están codificadas de la siguiente forma: AT= *Agrostis tolucensis*; AB= *Arenaria boliviana*; AM1= *Astragalus micranthellus*; AU= *Astragalus uniflorus*; AM2= *Azorella multifida*; BC= *Baccharis caespitosa*; BD= *Bartsia diffusa*; BL= *Belloa longifolia*; BY1= *Brayopsis* sp.1; BRL= *Bromus lanatus*; CC= *Calamagrostis chrysantha*; CM= *Calamagrostis macrophylla*; CN= *Calamagrostis nitidula*; CP= *Calamagrostis pungens*; CR= *Calamagrostis rauhi*; CRI= *Calamagrostis rigida*; CT= *Calamagrostis tarmensis*; CHA= *Chersodoma antenaria*; CHD= *Chersodoma deltoidea*; CHO= *Chersodoma ovopedata*; DA= *Descurainia athrocarpa*; DF= *Dielsiochloa floribunda*; DAR= *Draba argentea*; DCR= *Draba cryptantha*; DO= *Draba ochropetala*; DR= *Draba* sp.1; ER= *Ephedra rupestris*; ES1= *Erigeron* sp.1; FD= *Festuca dolichophylla*; GD= *Gentianella dombeyana*; GW= *Gentianella weberbaueri*; HS1= *Hackelia* sp.1; LF= *Loricaria ferruginea*; LK= *Lucilia kunthiana*; LR= *Luzula racemosa*; NS= *Niphogeton scabra*; NA= *Nototriche antoniana*; OS1= *Oritrophium* sp.1; PW= *Paronychia weberbaueri*; PC= *Perezia coerulescens*; PCY= *Pletckea cryptantha*; PB= *Poa brevis*; SM= *Saxifraga magellanica*; SE= *Senecio evacoides*; SN= *Senecio nivalis*; SNU= *Senecio nutans*; SR= *Senecio rufescens*; SCR= *Senecio scrobicarioides*; SS1= *Senecio* sp.1; SS= *Senecio sublutescens*; ST= *Silene thysanodes*; SH= *Stangea henrici*; TS= *Trisetum spicatum*; VS1= *Valeriana* sp.1; WN= *Werneria nubigena*; WP= *Werneria pumilla*; XD= *Xenophyllum dactylophyllum*; XD= *Xenophyllum decorum*.



**d. Comunidad de crioturbados asociada a roquedal húmedo:** Esta comunidad se caracteriza porque los suelos crioturbados alternan o son contiguos a zonas rocosas de mayor humedad, debido al deshielo y las filtraciones. En los roquedales húmedos, debido a la presencia constante de agua, se forma una vegetación a manera de un "micro-oconal". En esta comunidad las especies más frecuentes son: *Agrostis toluscensis* Kunth, *Calamagrostis chrysanth* (J. Presl) Steud., *C. rauhii* Tovar, *C. rigida* (Kunth) Trin. ex Steud., *Chersodoma deltoidea* M.O. Dillon & Sagást., *Ch. ovopedata* (Cuatrec.) Cuatrec., *Dielsochloa floribunda* (Pilg.) Pilg., *Gentianella weberbaueri* (Gilg) Fabris, *Luzula racemosa* Desv., *Senecio rufescens* DC., *S. sublutescens* Cuatrec. y *Xenophyllum dactylophyllum* (Sch. Bip.) V.A. Funk. Esta comunidad ha sido reportada para las localidades de Punta Olímpica y Abra de Cahuish (Figs. 2A, 2B, y Fig. 4).

### Discusión y conclusiones

El presente estudio reporta un total de 136 especies de plantas vasculares, creciendo en suelos crioturbados y vegetación asociada, en altitudes por encima de los 4500 m. Siendo aun escasos los estudios, en el Perú, que aborden en forma particular la flora y vegetación de las altas cumbres, consideramos que los resultados son un aporte importante y referente para otros estudios. Particularmente en el caso de la vegetación en suelos crioturbados, nuestro estudio es prácticamente es el pionero a nivel de país, ya que no solo hemos evaluado la composición florística, sino que se ha caracterizado la vegetación mediante un análisis cuantitativo. Reportamos 76 especies de plantas vasculares que crecen en suelos crioturbados; de las cuales solo cuatro especies se pueden considerar propias o exclusivas de este hábitat; las demás especies (72) ocurren en uno o más tipos de la vegetación asociada. El número de especies registradas en el presente trabajo en suelos crioturbados en la Cordillera Blanca (Ancash) es bastante mayor a las 18 especies reportadas por Tupayachi (2005) para la Cordillera de Vilcanota (Cusco), para este mismo hábitat. La diferencia encontrada entre ambas localidades pueden deberse a varios factores, entre los que se puede señalar la distribución latitudinal de las especies, el factor geológico y el diseño del estudio. Ambas floras comparten siete especies: *Ephedra rupestris*, *Xenophyllum dactylophyllum*, *Senecio canescens*, *Draba cryptantha*, *Calamagrostis ovata*, *Saxifraga magellanica* y *Valeriana nivalis*. Pero entre estas especies compartidas no se encuentra a ninguna de las cuatro especies que reportamos como exclusivas de suelos crioturbados.

También nuestros resultados confirman un patrón biogeográfico para la flora altoandina, como es la importancia de algunas familias. Gentry (1993) mencionó que las Asteraceae (20%) y Poaceae (7 – 14%) son la familias dominantes y más especiosas sobre el límite superior de los bosques; así mismo señaló que más de la mitad de las especies de las floras altoandinas pertenecen a las 10 familias más ricas en especies. En este estudio reportamos la presencia de 40 especies de Asteraceae y 31 de Poaceae, que representan el 29,42% y 22,79%, respectivamente; además entre ambas familias representan el 52,59% del total reportado. Así mismo las 10 familias más especiosas en nuestro estudio, presentan el 86,03% del total de las especies.

Respecto a la vegetación, con los resultados obtenidos, ha sido posible apreciar la variabilidad de las comunidades de acuerdo a la zona de colecta y a las características del área. De las cuatro localidades estudiadas, se han logrado identificar cuatro comuni-

dades distintas, siendo el Abra de Cahuish y Punta Olímpica las localidades que presentaron mayor similitud en la composición de especies de los transectos. Se trata de comunidades que en su mayoría ocupan áreas reducidas, por las difíciles condiciones topográficas. El muestreo en más localidades permitirá conocer mejor la estructura de las comunidades en suelos crioturbados.

Con el estudio de transectos podemos confirmar algunas de las características fisionómicas que poseen las comunidades en suelos crioturbados. Tanto la cobertura como el número de especies son bajas en las comunidades de suelos crioturbados propiamente dichos, y aumentan de forma significativa en los transectos cercanos al pajonal, roquedal y roquedal húmedo.

Los recientes cambios climáticos podrían ocasionar la pérdida del ciclo hielo – deshielo, lo cual afectaría el ciclo de nutrientes. Algunos estudios muestran que este tipo de cambios en el ciclo de nutrientes favorece la presencia de algunas especies, teniendo consecuencias sobre la estructura de las comunidades de estas zonas. Es así que, la dinámica de estas comunidades se convierte en un indicador potencial de cambios ambientales (Kelley & Epstein, 2009) y son un factor a considerar en futuros estudios en zonas altoandinas.

Concluimos que la vegetación sobre suelos crioturbados presenta una diversidad, dominancia y cobertura baja, con solamente cuatro especies que consideramos exclusivas este tipo de hábitats, las demás especies son propias de la vegetación asociada al pajonal, roquedal y roquedal húmedo

### Agradecimientos

Expresamos nuestro reconociendo al Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos por el apoyo económico a través de los Estudios de Investigación 061001011 y 081001161. También expresamos nuestra sincera gratitud a nuestro colega José Roque por la preparación del mapa de la zona de estudio y las figuras; a Mónica Arakaki, Blanca León y Kenneth R. Young por la revisión del manuscrito y sus valiosas sugerencias al mismo.

### Literatura citada

- Bockheim, J. G. & K. J. Hall. 2002. Permafrost, active-layer dynamics and periglacial environments of continental Antarctica. *South African Journal of Science* 98, January/February 2002. pp:82-90
- Bockheim, J. G. 2005. Final Report, International Workshop on Antarctic Permafrost and Soils. November 14-18, 2004, University of Wisconsin, Madison, WI. Office of Polar Programs, Antarctic Section. National Science Foundation.
- Brancaleoni, L., J. Strelin & R. Gerdol. 2003. Relationships between geomorphology and vegetation patterns in subantarctic Andean tundra of Tierra del Fuego. *Polar Biology* 26: 404-410.
- Bridson, D. & L. Forman. 1992. *Herbarium Handbook*. Royal Botanical Gardens, Kew. p 303.
- Cabrera, A. L. 1968. Ecología vegetal de la puna. In Troll, C. (ed.), *Geo-Ecology of the mountainous region of the tropical Andes*. Colloquium Geographicum 9, Bonn. Pp. 91-116.
- Cannone, N. & R. Gerdol. 2003. Vegetation as an ecological indicator of surface instability in rock glaciers. *Artic, Antarctic, and Alpine Research*, 35(3): 384-390.
- Epstein, H. E., J. Beringer, W. A. Gould, A. H. Lloyd, c. D. Thompson, F. S. Chapin III, G. J. Michaelson, C. L. Ping, T. S. Rupp & D. A. Walker. 2004. The nature of spatial transitions in The Arctic. *Journal of Biogeography* 31: 1917-1933.



- Gentry, A. H. 1993. Overview of Peruvian Flora. In Brako, L. & J. Zarucchi, Catalogue of Flowering Plants and Gymnosperms. Missouri Botanical Garden, Monographs in Systematic Botany 45: 29-39.
- Gidekel, M., L. Destéfano-Beltrán, P. García, L. Mujica, P. Leal, M. Cuba, L. Fuentes, L. A. Bravo, L. J. Corcuera, M. Alberdi, I. Concha & A. Gutierrez. 2003. Extremophiles 7: 459-469.
- Gough, L., G. R. Shaver, J. Carroll, D. L. Royer & J. A. Laundre. 2000. Vascular plant species richness in Alaskan arctic tundra: the importance of soil pH. *Journal of Ecology* 88, 54-66.
- Hammer, Ø., D. A. T. Harper, & P. D. Ryan, 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp. [http://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm)
- Hodkinson, I. D., S. J. Coulson & N. R. Webb. 2003. Community assembly along proglacial chronosequences in the high Arctic: Vegetation and soil development in north-west Svalbard. *Journal of Ecology* 91: 651-663.
- Kelley, A. & H.E. Epstein. 2009. Effects of Nitrogen Fertilization on Plant Communities of Nonsorted Circles in Moist Nonacidic Tundra, Northern Alaska. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* 41(1):119-127.
- Macbride, J. F. et al. 1936 y siguientes. Flora of Peru. Field Museum of Natural History, Botanical Series, Chicago.
- Moore, P.D. & Chapman, S.B. 1986. Methods in Plant Ecology, 2nd ed. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Matteucci, S. D. y A. Colma. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Organización de los Estados Americanos, Serie de Biología, Monografía N° 22. pp.168.
- Pavlich, M. & O. Tovar. 1977. Ecomorfología de algunas plantas de la puna del Perú central. *Archivos de Biología Andina* 7(1): 27-53.
- Tarnocai, C. 2002. Cryosols in a changing environment: their role and research needs. 17th World Congress on Soil Science, 14-21 Agosto 2002, Tailandia. Simposio No.43, 86-1:86-6.
- Tupayachi, A. 2005. Flora de la Cordillera Vilcanota. *Arnaldoa* 12. (1-2): 126 – 144.
- Weberbauer, A. 1945. El Mundo Vegetal de los Andes Peruanos. Ministerio de Agricultura, Lima.
- Young, K. R., B. León & A. Cano. 1997. Peruvian Puna. In S. D. Davis, V. H. Heywood, O. Herrera-Macbride, J. Villa-Lobos and A. C. Hamilton (Eds.), *Centres of Plant Diversity. A Guide and Strategy for their Conservation*. Volume 3, The Americas. The World Wide Fund and IUCN-The World Conservation Union. 470-476.

